

넓은 에너지 띠 간격을 갖는 II-VI족 화합물 반도체의 성장 및 구조적 특성

유영문*, 남성운*, 이종광*, 오병성*, 이기선*, 최용대**, 윤희중**
 충남대학교 물리학과*, 목원대학교 물리학과**

1. 서 론

ZnTe, ZnS는 에너지 띠 간격이 2.26 eV, 3.73 eV (300 K)로 청녹색의 광소자 제작에 응용하기 위하여 폭넓게 연구되어 왔다. 이러한 응용 가능성 때문에 다양한 저온성장법을 이용하여 고품질의 박막을 성장하고자 노력하여 왔다. 분자선에 피탁시법, 유기금속화합물 증착법, 원자층에 피탁시법, 열벽적층 성장법 등을 이용하여 고품질의 박막을 성장하여 왔다.[1,2,3,4,5]

ZnTe, ZnS 박막 성장시 기판으로 GaAs가 많이 사용된다. GaAs 기판은 고품질의 결정성, 대면적, 가격의 저렴성 등의 장점을 갖추고 있으며, 또한 기판 표면의 산소를 제거하는 방법이 잘 확립되어 있다는 것이다. 기판과 성장물질이 다를 때 격자상수와 열팽창계수 차이로 인한 스트레인이 생성된다. 이러한 스트레인은 박막성장 초기 조건에 영향을 주게 되고 따라서 박막의 결정성에 영향을 준다. 결국 소자 응용을 위하여 결함이 적은 고품질의 단결정 박막을 성장하는 것이 아주 중요하다.

Hot wall epitaxy(HWE)법은 원료부와 기판 사이를 열벽부로 연결하여 이 열벽부의 온도를 조절하므로써 열평형 상태에서 단결정 박막이 성장할 수 있도록 하였다. 따라서 비교적 간단한 장치구조와 적은 유지비용을 가지고도 고품질의 단결정 박막을 성장할 수 있다는 것이다.[6]

HWE 법으로 고품질의 ZnTe, ZnS 단결정 박막을 성장하였고, 그 구조적 특성을 살펴보았다.

2. 실험 방법

HWE 법으로 ZnTe, ZnS 단결정 박막을 성장하였다. 사용한 기판은 Cr-도핑된 반절연 (100) GaAs 기판을 사용하였다. GaAs 기판의 화학적 처리는 TCE, 아세톤, 메탄올 용액속에서 5분간씩 각각 초음파 세척한 다음 50 ~ 60 °C의 H₂SO₄ : H₂O₂ : H₂O = 3 : 1 : 1 용액속에서 1분간 에칭하고 초순수로 충분히 행구었다. 그리고 Ar 가스로 불어 건조시킨후 HWE 장치내 기판 지지대 위에 장착하였다. 화학적 에칭후에도 기판표면에 남아 있을 잔여 불순물 및 산화막을 제거하기 위하여 600 °C에서 20분간 열에칭(thermal preheating)을 하였다. ZnTe와 ZnS의 최적 성장조건은 원료부가 530, 700 °C이고 열벽부가 530, 570 °C이고 기판은 400 °C 이었다. 성장된 박막의 표면은 Nomarski

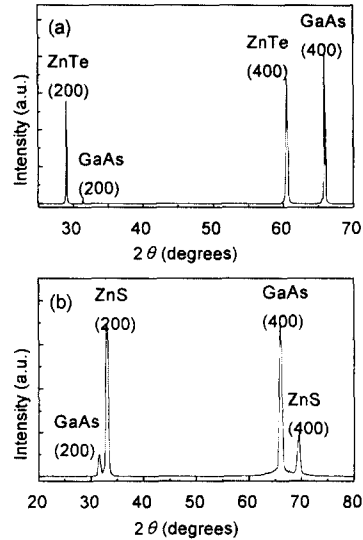


그림. 1. (a) ZnTe, (b) ZnS 단결정박막의 XRD 스펙트럼

간섭현미경으로 관찰하였고, 두께는 분광광도계로 상온에서 반사스펙트럼을 측정하여 구하였다. 그리고 성장된 박막의 방향성 및 결정성을 확인하기 위하여 XRD(X-ray diffractometer), DCRC(double crystal rocking curve)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

ZnTe, ZnS 단결정 박막의 표면상태를 Nomarski 간섭현미경으로 관찰하였다. 표면은 거울면을 보였다. 그리고 표면의 거칠기는 성장물이 증가할수록 증가하였다.

단결정 박막의 방향을 확인하기 위하여 XRD를 측정된 결과 GaAs와 ZnTe, ZnS의 (200), (400) 반사 피크만을 관측하였다. 그림. 1은 ZnTe, ZnS 단결정 박막의 전형적인 XRD 스펙트럼이다. 즉 ZnTe, ZnS 단결정 박막이 GaAs (100) 기판위에서 (100) 방향으로 성장하였다는 것을 알 수 있었고, 다른 방향의 피크들이 없는 것으로 보아 단결정 박막임을 알 수 있다.

박막의 결정성 및 격자상수를 알아보기 위하여 DCRC를 측정하였다. 그림. 2는 ZnTe, ZnS 단결정

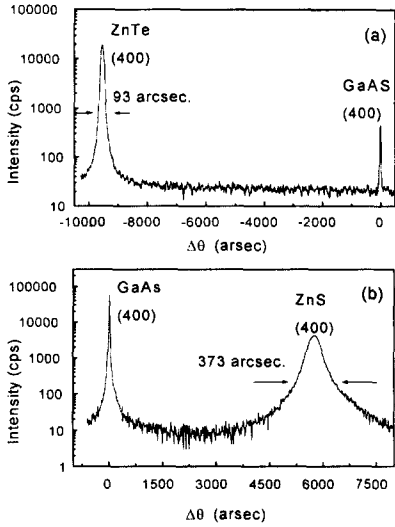


그림. 2. (a) ZnTe, (b) ZnS 단결정박막의 DCRC 스펙트럼

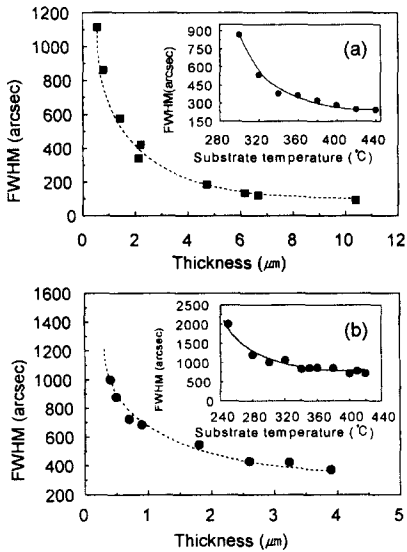


그림. 3. (a) ZnTe, (b) ZnS 단결정박막의 DCRC의 반치폭의 변화(기판온도, 두께)

박막의 전형적인 DCRC 스펙트럼이다.

기판온도 및 두께에 따른 성장막의 (400) 방향의 DCRC의 반치폭의 변화를 관측하여 결정성을 알아 보았다. 그림. 3은 ZnTe, ZnS 단결정박막의 기판

온도 및 두께에 따른 반치폭의 변화이다. 기판온도가 증가하면 DCRC의 반치폭은 점점 작아졌으며 400 °C에서 가장 작은 값을 얻었다. 따라서 박막의 결정성은 기판온도가 증가하면 좋아지는 경향을 보였다. 성장막의 두께가 증가하면 DCRC의 반치폭은 감소하였다. 따라서 박막의 결정성은 두께가 증가함에 따라 좋아지는 경향을 보였다. 이종접합 구조에서 격자부정합에 의한 격자결함(dislocation density)들이 계면 근처에 폭넓게 분포하게 되며 이들은 DCRC의 반치폭에 영향을 주게된다. 이러한 격자결함 밀도는 다음 식으로부터 구한다.[6]

$$D = \frac{F^2}{9b^2} (cm^{-2})$$

여기서 b는 Burger vector로 zinc-blende 구조에서는 $b = a(110)/2 = a_{layer}/\sqrt{2}$ 이다. 격자결함 밀도는 두께가 증가함에 따라 급격히 감소하였다. 측정 한 범위에서 ZnTe의 경우 대략 $10^9 \sim 10^7 cm^{-2}$ 를 얻었으며, ZnS의 경우 $10^9 \sim 10^8 cm^{-2}$ 를 얻었다.

4. 결 론

고품질의 ZnTe와 ZnS 단결정 박막을 hot wall epitaxy(HWE)법을 이용하여 (100) GaAs 기판 위에 성장하였다. 최적 성장된 ZnTe와 ZnS의 표면은 거울면을 보였고, X-선 회절실험으로부터 (100) 방향으로 성장하였으며 단결정 박막임을 알았다. 기판온도가 증가할수록 두께가 증가할수록 박막의 결정성이 좋아졌다. 격자결함밀도는 ZnTe가 $1.2 \times 10^7 cm^{-2}$ 이고 ZnS가 $2.48 \times 10^8 cm^{-2}$ 이었다.

참 고 문 헌

- [1] R. G. Benz II, P. C. Huang, S. R. Stock, C.J.Summer, J. Cryst.Growth **86**, 303(1988).
- [2] O. Kanehisa, M. Shiiki, M. Misita, H. Yamamoto, J. Cryst.Growth **86**, 367(1988).
- [3] W. Faschinger, P. Juza, S. Ferreira, H. Zajicek, A.Pesek, H.Sitter, K.Lischka, J. Cryst.Growth **138**, 662(1993).
- [4] Y. Takeuchi, Y. Okuno, T. Nakamira, K. Ishino, A. Ischida, H. Fujiyasu, Jpn. J. Appl. Phys. **31**, 1391(1992).
- [5] G. Kudelk, N. Presser, J. Gutowski, K. Hingerl, E. Abramof, A. Pesek, H. Pauli, H. Sitter, J. Cryst. Growth **117**, 290(1992).
- [6] E. Abramof, K. Hingerl, A. Pesek, H. Sitter, Semiconductor Sci. Technol. **6** A80.(1991)